

1. Типовая энергетическая характеристика нетто турбоагрегата К-200-130 ЛМЗ / ГТУ по эксплуатации энергосистем. - М., 1972. - 31 с.

2. Марухян К.В., Бурначян Г.А., Марухян В.З. Некоторые особенности эксплуатации НПК энергоблоков мощностью 200 МВт Разданской ГРЭС // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 1995. - Т. XLVIII, № 2. - С. 94-97.

ГИУА

26.05.1997

Изв. НАН и ГИУА Армении (сер. ТН), т. L, № 3, 1997, с. 207-211

УДК 621.313.333

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Г.Л. АРТЕМЯН, В.А. МАРТИРОСЯН

## МЕТОД СНИЖЕНИЯ ВИБРОАКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Տեսակետորեն և փորձնական կառուցվածքով հիմնավորված է փոքր նպաստային ազդեցություն ունեցող փոքրածախսի ֆազերում ուղարկել զուգահեռ միացումներով սեկցիաների օգտագործման արդյունավետությունը ողորդել քաղաքի տեխնապատրաստությունից անհրաժեշտ թարմացի մագնիսական քաղաքիչների օգտին տեղափոխելը:

Теоретически и экспериментально обоснована эффективность применения в асинхронных двигателях малой мощности обмоток статора с различными параллельными соединениями секций в фазе для демпфирования магнитных составляющих вибраций от неравномерности воздушного зазора.

Ил. 3. Библиогр. 1 назв.

The effectiveness of applying small power winding stators in asynchronous motors by various parallel connections of the sections in the phase for damping magnetic vibration components caused by unevenness of air clearance is theoretically and experimentally grounded.

Ил. 3. Ref. 1.

Общая тенденция снижения материалоемкости и повышения энергетических показателей электрических машин приводит к повышению рабочих скоростей вращения, уменьшению воздушного зазора, толщины и массы конструктивных элементов, ужесточению технологических допусков их изготовления. Машина становится очень чувствительной к погрешностям изготовления и сборки с точки зрения обеспечения необходимого уровня виброакустических характеристик. Методы и средства снижения виброактивности источников магнитного происхождения общеизвестны и сводятся к правильному выбору соотношения чисел пазов ротора и статора, скоса пазов ротора, применению конструкций с механической и магнитной симметрией, упругой подвеской статора и т.д. Магнитная вибрация может быть снижена также за счет уменьшения магнитного

насыщения машины, увеличения воздушного зазора или сопротивления обмотки ротора.

Многолетний опыт проектирования, изготовления и эксплуатации машин показывает, что хорошо спроектированная машина при отсутствии неравномерности воздушного зазора имеет пониженный уровень шума на 10...15 дБ и уровень вибрации на класс ниже относительно их нормированных значений. Воздушный зазор машины рассчитывается при проектировании и является замыкающим звеном размерной цепи. Для асинхронных двигателей малой мощности (АДММ) номинальная величина воздушного зазора должна быть в пределах 0,25...0,3 мм, а неравномерность зазора не должна превышать 25...30% от его номинального значения. Успешное выполнение этих условий зависит от большого количества факторов: качества штамповки листов, шихтовки, запрессовки (или сварки) пакетов статора и ротора, литья станины и щитов, их обработки, сборки и т.д. В условиях серийного производства до настоящего времени отсутствуют действенные методы контроля неравномерности воздушного зазора, поэтому, как показывают статистические данные, 60% двигателей имеют неравномерность воздушного зазора в пределах 30...70% от номинального значения и, как следствие, завышенные уровни шума на 10...15 дБ. Ужесточение поля допуска и повышение точности изготовления и сборки деталей и узлов машины, повышение качества и усовершенствование методов входного контроля материалов и комплектующих элементов способствуют снижению виброактивности источников от неравномерности воздушного зазора, но в то же время приводят к значительному и часто неоправданному удорожанию производства.

В настоящей работе теоретически обоснована эффективность применения в АДММ обмоток статора с различными параллельными соединениями секций в фазе для демпфирования магнитных составляющих вибраций от неравномерности воздушного зазора [1].

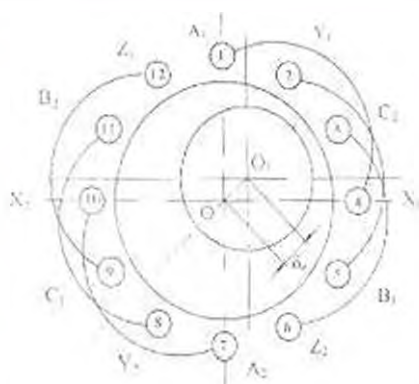


Рис. 1. Трехфазная однослойная обмотка статора

Пусть имеем трехфазную однослойную обмотку статора ( $z=12$ ,  $2p=4$ ,  $q=1$ ,  $y=3$ ) с секциями, расположенными в пространстве (рис.1). В общем случае неравномерности воздушного зазора (статическая и динамическая) рассмотрим момент времени, когда

направление эксцентриситета  $\delta$ , совпадает с осью фазы А. Тогда получим, что одна секция фазы  $A(A_1-X_1)$  будет расположена у минимального воздушного зазора  $\delta_{\min} = \delta_0 - \delta_r$ , а вторая  $(A_2-X_2)$  - у максимального -  $\delta_{\max} = \delta_0 + \delta_r$ .

Как известно, амплитуда  $v$ -й гармоники ЭДС одной секции определяется по формуле

$$E_v = 2\pi\Phi_v f_0 N k_v \cdot 10^{-8} \quad (1)$$

Здесь  $\Phi_v$  - магнитный поток  $v$ -й гармоники поля на один полюс:

$$\Phi_v = \frac{2.4\sqrt{2}}{\pi} N \frac{\tau_p / k_v}{\delta v^2} I, \quad (2)$$

где  $N$  - число проводников в секции;  $k_v$  - обмоточный коэффициент для  $v$ -й гармоники;  $\tau_p$  - полюсное деление для основной гармоники;  $\ell$  - длина пакета статора;  $\delta$  - величина воздушного зазора в рассматриваемой зоне;  $I$  - амплитудное значение тока в секции.

При образовании фазы А по схеме последовательного соединения секций, представленного на рис. 2а, получим следующее выражение для амплитуды  $v$ -й гармоники ЭДС фазы А:

$$E_{vA} = E_{v(A_1-X_1)} + E_{v(A_2-X_2)} = 6.79 \cdot 10^{-8} \tau_p \ell f_0 \left( \frac{N k_v}{v} \right)^2 \frac{1}{\delta_0 - \delta_r} + \\ + 6.79 \cdot 10^{-8} \tau_p \ell f_0 \left( \frac{N k_v}{v} \right)^2 \frac{1}{\delta_0 + \delta_r} = \frac{2cI}{\delta_r}, \quad (3)$$

где  $c$  - коэффициент пропорциональности, равный  $c = 6.79 \cdot 10^{-8} \tau_p \ell f_0 (N k_v / v)^2$ ;  $\delta_r = \delta_0 (1 - \epsilon^2)$  - эквивалентный воздушный зазор;  $\epsilon = \delta_r / \delta_0$  - относительный эксцентриситет ротора.

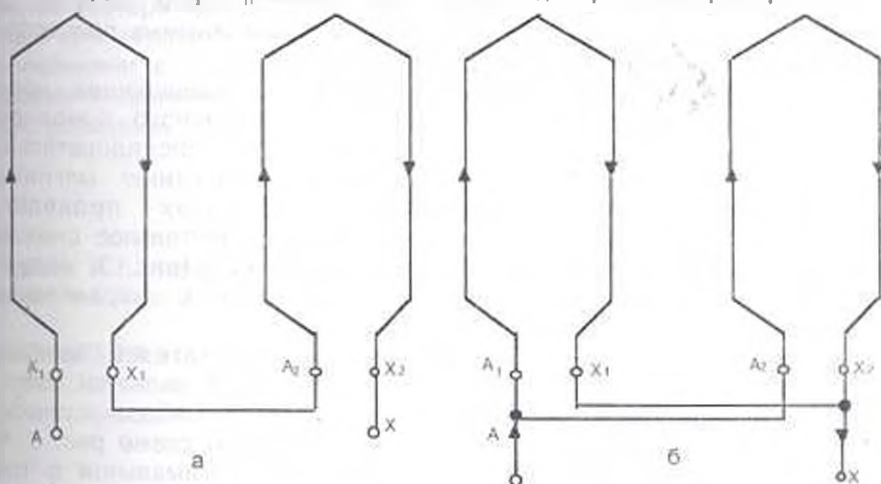


Рис. 2: а - схема последовательного соединения секций фазы А б - схема параллельного соединения фазы А

При образовании фазы А по схеме параллельного соединения секций (дис. 2 б) получим следующее выражение для фазного тока:

$$I_A = I_{A-x} + I_{A-y} = \frac{E'_{vA}(\delta_0 - \delta_\epsilon)}{c} + \frac{E'_{vA}(\delta_0 + \delta_\epsilon)}{c} = \frac{2E'_{vA}\delta_0}{c}, \quad (4)$$

где  $E'_{vA}$  — амплитуда  $v$ -й гармоники ЭДС фазы А при параллельном соединении ее секций.

При анализе и оценке электромагнитных процессов, протекающих в АДММ с неравномерным воздушным зазором и относительным эксцентриситетом  $\epsilon$ , использование обмотки статора с последовательным соединением секций в фазе по сравнению с их параллельным соединением приводит к эквивалентному уменьшению величины воздушного зазора и, как следствие, к увеличению амплитуды магнитной индукции основного поля в  $1/(1-\epsilon^2)$  раза по формуле

$$B_1 = F_0 / k_k k_{II} k_{\gamma}, \quad (5)$$

где  $F_0$  — амплитуда основной волны МДС обмотки статора;  $k_k$ ,  $k_{II}$  — соответственно коэффициенты Картера и насыщения.

Подобное увеличение магнитной индукции приведет, в свою очередь, к увеличению амплитуды радиальной магнитной силы (по известной формуле Максвелла) приблизительно в  $1/(1-\epsilon^2)$  раза.

Исходя из этого, проведен целый комплекс исследований по выявлению наиболее оптимального соединения секций обмотки статора с точки зрения как виброакустических, так и энергетических показателей машины.

На основе этих исследований установлено:

- при малых значениях эксцентриситета ( $\epsilon = 0,1$ ) использование различных способов соединения секций обмотки статора (рис.3) не приводит к существенным изменениям амплитудно-частотного спектра (АЧС) вибрации АДММ, т.е. практически не влияет на протекание электромагнитных процессов в исправной и нормально функционирующей машине;

- при значениях эксцентриситета, превышающих норму, использование подходящих способов параллельного соединения секций обмотки статора по сравнению с их последовательным соединением приводит к значительному снижению магнитных составляющих АЧС вибрации на частотах проявления неравномерности воздушного зазора. Самое значительное снижение (до 10...15 дБ) по сравнению с обычной схемой (рис. 3) получено при использовании схемы обмотки статора с параллельным соединением всех секций в фазе (рис 3);

- с точки зрения энергетических показателей наиболее оптимальной для АДММ с числом полюсов  $2p=2$  является обмотка статора, соединенная по схеме рис. 3, хотя по виброакустическим показателям она немного уступает соединению по схеме рис. 3. Что касается АДММ с  $2p=4$ , то здесь наиболее оптимальной с точки зрения как виброакустических, так и энергетических показателей, является обмотка статора по схеме рис. 3.

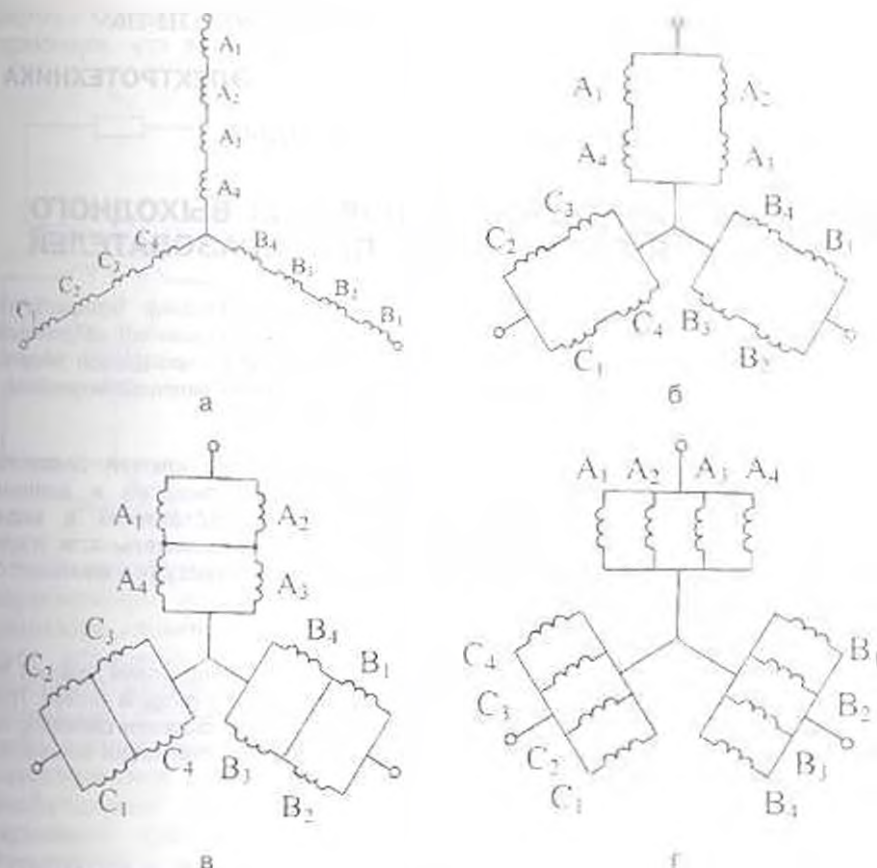


Рис. 3. Различные способы соединений секций в обмотке статора АДММ

Применение способа параллельного соединения секций в обмотке статора увеличивает трудоемкость изготовления двигателей, однако для ограниченного объема поставки двигателей с жесткими требованиями к виброакустическим характеристикам и показателям надежности применение данного способа может стать экономически целесообразным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ellison A.I., Iang S.I. Effect of rotor eccentricity on acoustic noise from induction machines // Proc. IEE - 1971. - V. 118. № 1. - P. 174-184.

ВВМКУ МО РА

20.09.1996